

Technique d'installation et technique de distribution d'énergie

Solution Exercice 1

Centrale hydroélectrique à débit d'eau (η env. 90%)
Centrale hydroélectrique à réservoir (η env. 87%)
Centrale de pompage-turbinage (η env. 75%)
Centrale marémotrice (η env. 50%)
Centrale utilisant l'énergie des vagues (η env. 40%)
Centrale thermique marine (η env. 5%)
Centrale thermique solaire (η env. 15%)
Centrale photovoltaïque (η env. 18%)
Centrale éolienne (η env. 45%)
Centrale biomasse (η env. 40%)
Centrale géothermique (η env. 40%)
Pile à combustible (η env. 55%)
Centrale à turbine à gaz (η env. 50%)
Centrale à cycle combiné gaz et vapeur ($\rightarrow \eta$ env. 60%)
Centrale à pétrole (η env. 45%)
Centrale à déchets (η env. 35%)
Centrale à charbon (η env. 40%)
Centrale nucléaire (η env. 35%)
Fusion nucléaire (η env. 35%)

Solution Exercice 2

X = Ménages \rightarrow 19.84TWh
Y = Industrie, artisanat et services \rightarrow 37.2TWh
Z = Transport \rightarrow 4.96TWh

Solution Exercice 3

D'ici 2050, on a pour objectif, une société à 2'000 Watt et à 1 ... 1.5t CO₂. Actuellement, la puissance continue par personne est quatre fois plus élevée et se situe à environ 8'300 Watt et les émissions de CO₂ à environ 6t, ce qui correspond à quatre à six fois la valeur escomptée.

Solution Exercice 4

\Rightarrow Centrale hydroélectrique à débit d'eau 25.4% (17.4TWh)
 \Rightarrow Centrale hydroélectrique à réservoir 33.3% (22.8TWh)
Centrales hydroélectriques au total = 58.7%
 \Rightarrow Centrale nucléaire 35.2% (24.1TWh)
 \Rightarrow Production thermique conventionnelle et autre type de production 6.1 (4.2TWh)

Solution Exercice 5

- ◆ Différentes tensions sont à notre disposition (en règle générale 230V / 1 x 400V / 3 x 400V).
- ◆ Il est possible d'économiser des conducteurs.
- ◆ De manière générale, avec le réseau triphasé, il est possible de transférer un champ tournant, ce qui permet d'avoir des moteurs triphasés de construction simple.

Solution Exercice 6

Dans un moteur asynchrone triphasé, le bobinage du stator est réparti symétriquement sur les conducteurs extérieurs. Lorsque le fonctionnement est correct, la distribution électrique se fait via les impédances du bobinage, de telle manière qu'un conducteur de neutre raccordé au point neutre (point étoile) ne soit traversé par aucun courant.

Solution Exercice 7

L'intensité du courant est décisive pour le dimensionnement des équipements de transmission tels que les générateurs, les transformateurs, les répartiteurs, les sections des conducteurs, etc. De plus, le courant génère des déperditions de chaleur. Afin d'éviter que la part de puissance réactive inductive génère pour le fonctionnement des moteurs et des bobines, des charges réseau excessivement hautes, le fournisseur de réseau facture une partie, à partir d'une certaine quantité prélevée – proportionnellement à l'énergie efficace. Cela a automatiquement pour conséquence, que les grands abonnés au réseau mettent leur besoin en puissance réactive, en grande partie eux-mêmes à disposition. On utilise pour cela généralement des composants capacitifs (condensateurs). Alors que le champ magnétique des composants inductifs se décompose (restitution de l'énergie utilisée), le condensateur l'absorbe. Il se charge et génère un champ électrique. Si ce champ électrique se décompose à nouveau, le condensateur fournit cette énergie au consommateur inductif, qui génère un champ magnétique. La puissance réactive ne fait plus que des aller-retour entre les deux composants. La voie de transmission jusqu'au fournisseur de réseau est délestée.

Solution Exercice 8

Le terme technique Blackout (assombrissement) est utilisé quand, de manière involontaire, de grandes parties d'un réseau sont subitement touchées par une coupure de courant. Il peut s'agir de coupures locales, régionales mais également nationales.

Pour éviter de tels Blackouts, la charge, la production et la capacité du réseau doivent à tout moment être coordonnées les unes par rapport aux autres. Ces conditions propres au système, doivent pouvoir être adaptées aux états qui varient rapidement, ce qui sous-entend une coordination des fonctions de protection, de conduction, d'automatisation et un échange rapide et sécurisé des données.

Solution Exercice 9Charge de base

Il s'agit de la puissance, autrement dit de l'énergie, qui doit être mise à disposition toute la journée. Elle est par exemple fournie par des centrales à débit d'eau et des centrales nucléaires (env. 5'000 ... 8'000 heures pleine charge / an).

Charge moyenne

Il s'agit de la puissance, autrement dit de l'énergie, qui doit être mise à disposition durant env. 12 heures. Elle est par exemple fournie par des centrales à charbon et des centrales à gaz (env. 2'000 ... 4'000 heures pleine charge / an).

Charge de pointe

Il s'agit de la puissance, autrement dit de l'énergie, qui doit uniquement être mise à disposition pour une courte durée. Elle est par exemple fournie par des centrales à réservoir et des centrales à pompage-turbinage (jusqu'à env. 2'000 heures pleine charge / an).

Solution Exercice 10

Niveau réseau 1 = 220kV / 380kV

Niveau réseau 3 = > 36kV jusqu'à < 220kV

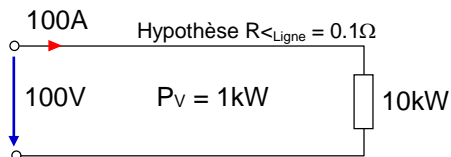
Niveau réseau 5 = > 1kV jusqu'à 36kV

Niveau réseau 7 = jusqu'à 1kV

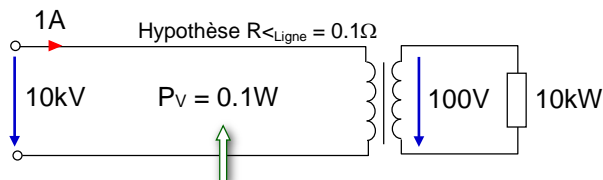
Solution Exercice 11

Par ce biais, on réalise des économies d'argent, de ressources de matériel ou de pertes de transmission. Lors de transmissions par haute tension, des courants réduits circulent, afin que les sections des conducteurs puissent être diminuées sans que les pertes de transmission n'augmentent. Si les sections sont maintenues, les pertes de transmission diminuent (voir exemple simplifié).

Transmission par basse tension



Transmission par haute tension



Ou réduire la section du conducteur!

Solution Exercice 12

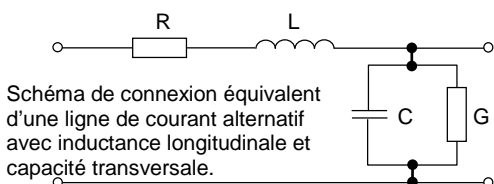


Schéma de connexion équivalent d'une ligne de courant alternatif avec inductance longitudinale et capacité transversale.

Quand les lignes électriques aériennes haute tension ou les lignes souterraines sont longues, de grands courants réactifs circulent au niveau des HDU en raison de l'inductivité des lignes resp. de la capacité des lignes. Comme le courant apparent est déterminant pour la charge max. des conducteurs, la transmission de la puissance active se réduit.

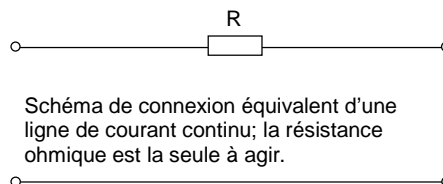


Schéma de connexion équivalent d'une ligne de courant continu; la résistance ohmique est la seule à agir.

Au niveau des lignes de transport en courant continu haute tension, seule la résistance ohmique agit, de telle sorte qu'à intensité de courant équivalente, il est possible de transférer une plus grande quantité de puissance active. De plus, il est aussi possible d'utiliser la terre ou l'eau comme conducteur de retour.

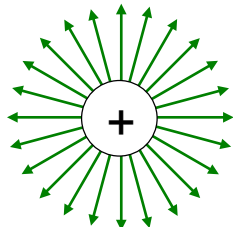
- ◆ Lors de la transmission de courant continu, il faut seulement 2 conducteurs et en cas d'utilisation de la terre resp. de l'eau, uniquement un.
- ◆ Les isolations des matériaux ne doivent pas seulement être prévues pour $U \cdot \sqrt{2}$ car en cas de courant continu, la tension de pointe qui se produit correspond à la tension continue.
- ◆ Dans les isolations des câbles, il n'y a aucune perte diélectrique, raison pour laquelle la fabrication de l'isolation est plus simple.
- ◆ L'ensemble du tracé (pylônes, isolants, nombre de conducteurs, section des conducteurs, ...) peut être conçu plus étroit.
- ◆ Les lignes de transport en courant continu haute tension (HGÜ) peuvent transmettre plus de puissance active.
- ◆ Il n'est pas nécessaire d'effectuer une synchronisation des différentes tensions alternatives.

Solution Exercice 13

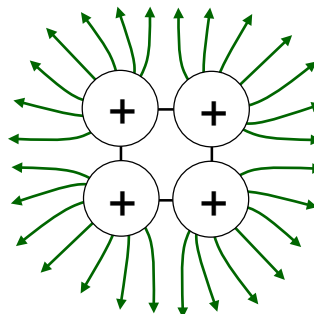
En raison de la tension très élevée. A titre d'exemple, pour une ligne haute tension de 380kV, la valeur de crête de la tension sinusoïdale s'élève à 538kV entre les conducteurs. A cet instant, l'intensité de champ électrique est la plus élevée. Une intensité de champ électrique élevée provoque l'ionisation de l'environnement immédiat des conducteurs, en particulier au niveau des endroits pointus et des arêtes vives. Même quand l'air est peu conducteur, de la puissance est perdue par ce biais, ce qui n'est évidemment pas souhaitable. Les ronflements, les bruits de froissement et les éclairs de lumière UV visibles avec une caméra Corona sont aussi perceptibles.

Solution Exercise 14

- ◆ En évitant les endroits pointus et les arêtes vives.
- ◆ Au niveau des éléments de fixation des lignes haute tension, tels que les isolants, où il existe tout de même des endroits pointus et des arêtes vives, on monte des anneaux Corona. Les éléments mentionnés se trouvent au milieu de ces anneaux Corona. Comme il n'y a presque pas de champ dans l'espace dans lequel ils se trouvent, aucune décharge indésirable n'a lieu.
- ◆ En plaçant les conducteurs en faisceau, par exemple un faisceau de quatre. Cela réduit considérablement l'intensité du champ.



Parcours des lignes de champ pour un conducteur simple



Parcours des lignes de champ pour un brin de 4 conducteurs

Solution Exercise 15

Le Smart Grid désigne un réseau électrique, qui intègre de manière intelligente les actions de tous les utilisateurs, c'est-à-dire les producteurs, consommateurs et accumulateurs, afin de garantir une alimentation énergétique sécurisée, efficace, durable et rentable. Des systèmes de surveillance, commande, communication et automatisation sont incontournables.

Solution Exercise 16

De manière générale, un compteur électrique de ce type a les fonctions suivantes:

- ◆ Mesure de la tension et de la puissance
- ◆ Enregistrement de la courbe de charge
- ◆ Mesure de l'énergie active et réactive
- ◆ Affichage des tarifs, consommation et coûts
- ◆ Mise à disposition des données pour les exploitants du réseau / fournisseurs d'énergie
- ◆ Interface de communication ainsi que relevé à distance des données du compteur
- ◆ Enregistrement de la qualité de la tension
- ◆ Réception des signaux de tarif, pronostics
- ◆ Diagnostic des pannes et reconnaissance des manipulations
- ◆ ...

Solution Exercise 17

Cela indique qu'il s'agit d'un compteur de gros débit. Le courant nominal s'élève à 10A, le courant continu maximum autorisé (courant limite) 60A. Les erreurs de mesure se réfèrent au courant nominal.

Solution Exercise 18

Ce qui est donné: $t = 75s$, $c = 5 \frac{\text{Imp.}}{\text{kWh}}$, $n = 25 \text{ Imp.}$

Ce qu'on cherche: P

$$\text{Lösung: } P = \frac{3'600 \cdot n}{c \cdot t} = \frac{3'600 \cdot 25 \text{ Imp.}}{5 \frac{\text{Imp.}}{\text{kWh}} \cdot 75s} = 240 \text{ kW}$$

Solution Exercice 19

- ◆ Chute de tension par la mise en route de grands moteurs , court-circuit du réseau
- ◆ Coupure de courant par une perturbation du réseau
- ◆ Surtension par une injection de puissance active ou réactive incontrôlée
- ◆ Surtension transitoire par perturbations atmosphériques, opérations de commutation de grandes charges
- ◆ Harmoniques par charges non linéaires telles qu'onduleurs / convertisseurs de fréquence
- ◆ Variations de tension par mise en route périodique de grands moteurs / charges
- ◆ Asymétrie par charge déséquilibrée

Exercice 20

Le transformateur monophasé représenté comporte deux bobines séparées galvaniquement. Elles se trouvent sur un noyau de fer fermé (noyau de fer feuilleté → tôle magnétique) Le courant alternatif qui circule dans la bobine d'entrée produit un flux alternatif magnétique, qui induit une tension dans la bobine de sortie (couplage inductif). Comme le flux magnétique modifie sa taille et sa direction en fonction de la fréquence du courant d'entrée, la bobine de sortie possède la même fréquence induite.

Exercice 21

- ◆ Structure compacte, afin que le flux de fuite reste réduit. On obtient ce résultat en ordonnant les enroulements basse et haute tension les uns sur les autres. Le flux de fuite qui apparaît influence les deux bobines de manière équivalente.
- ◆ Une très bonne qualité de fer, afin de minimiser les pertes de magnétisation et les pertes par courant parasite.
- ◆ Faible résistance des conducteurs en cuivre.

Solution Exercice 22

$$\eta_{\text{ancien TOTAL}} = \eta_{\text{ancien}}^4 = 0.94^4 = \mathbf{0.78}$$

$$\eta_{\text{nouveau TOTAL}} = \eta_{\text{nouveau}}^4 = 0.99^4 = \mathbf{0.96}$$